

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Oktober 2002 (24.10.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/083471 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B60T 8/00** 102 08 125.5 26. Februar 2002 (26.02.2002) DE

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/03602 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG** [DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt/Main (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum: 2. April 2002 (02.04.2002) (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BURKHARD, Dieter** [DE/DE]; Im Schiessgraben 20, 55411 Bingen-Büdelheim (DE). **MAHLO, Rüdiger** [DE/DE]; Wiesbadener Str. 168, 61462 Königstein (DE). **KALFF, Matthias** [DE/DE]; Feldbergblick 7, 65527 Niedernhausen (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

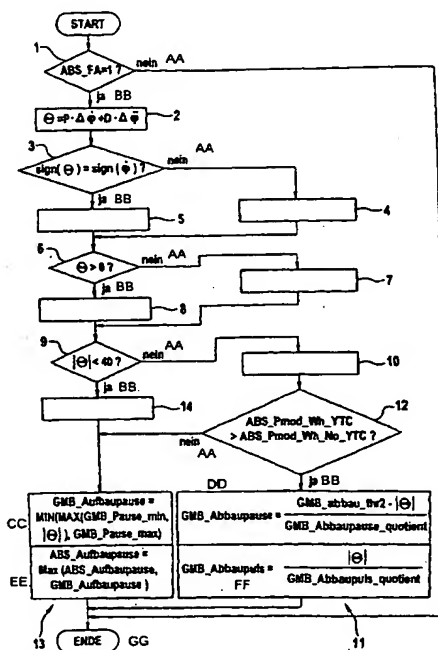
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 101 17 997.9 10. April 2001 (10.04.2001) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRONICALLY PROGRAMMABLE METHOD FOR IMPROVING THE CONTROL BEHAVIOUR OF AN ANTI-LOCK BRAKING CONTROL SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VERBESSERUNG DES REGELVERHALTENS EINES BLOCKIERSCHUTZREGELUNGSSYSTEMS E PROGRAMMABLE



(57) Abstract: The invention relates to a method for improving an anti-lock braking control system, in particular for improving the driving stability during braking on laterally different adhesion coefficients. According to the method, a desired yaw rate is determined using at least one steering-angle signal of a steering-angle sensor and an actual yaw rate is determined using at least one yaw rate sensor and the instability is evaluated using a variable, which is used for a qualitative and quantitative judgement of a deviation between the actual yaw rate and the desired yaw rate. Both a yaw rate deviation and the temporal derivation of the yaw rate deviation are used to determine said variable.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung eines Blockierschutzregelungssystems, insbesondere zur Verbesserung der Fahrstabilität beim Einbremsen auf seitenweise unterschiedlichen Kraftschlußbeiwerten. Demnach wird unter Verwendung wenigstens eines Lenkwinkelsignals eines Lenkwinkelsensors eine Wunschgierrate ermittelt und unter Verwendung wenigstens eines Drehratensensors eine Istgierrate ermittelt, und die Instabilität anhand einer Kenngröße bewertet, die zur qualitativen und zur quantitativen Beurteilung einer Abweichung zwischen Istgierrate und Wunschgierrate dient. Dabei wird sowohl eine Gierratenabweichung als auch die zeitliche Ableitung der Gierratenabweichung zur Ermittlung des Kenngröße herangezogen.

AA...NO  
BB...YES  
CC...GMB inc pause = MIN (MAX(GMB pause min, |Theta|), GMB pause max)  
DD... GMB dec pause = GMB dec thr2 \* |Theta|  
GMB dec pause quotient  
EE... ABS inc pause = Max (ABS inc pause, GMB inc pause)  
FF... gmb dec pulse = |Theta|  
GMB dec pulse quotient  
GG...END

WO 02/083471 A1



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

**VERFAHREN ZUR VERBESSERUNG DES REGELVERHALTENS EINES BLOCKIERSCHUTZREGELUNGS-  
SYSTEMS E PROGRAMMABLE****Stand der Technik**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung eines Blockierschutzregelungssystems, insbesondere zur Verbesserung der Fahrstabilität beim Einbremsen auf seitenweise unterschiedlichen Kraftschlußbeiwerten.

Bei grundsätzlich bekannten Regelverfahren wird das Raddrehverhalten gemessen und zur Ermittlung des Radschlupfs und zur Bremsdruckmodulation herangezogen. Bei radindividueller Regelung (Individualregelung, Einzelradregelung) von Fahrzeugrädern wird der Bremsdruck jedes Rades unabhängig von dem Drehverhalten der übrigen Räder geregelt. Mit dieser Vorgehensweise sind zwar geringe Bremswege erreichbar, aber beispielsweise auf Fahrbahnen mit seitenweise geteilter Reibsituation ( $\mu$ -Split) kann ein Giermoment um eine Fahrzeughochachse entstehen, dessen Ausgleich vom Fahrzeugführer aktives Gegenlenken erfordert, um eine unerwünschte Fahrtrichtungsänderung zu vermeiden. Nicht alle Fahrzeugführer sehen sich in der Lage, ein überraschend gierendes Fahrzeug in der Spur zu halten.

Um ein Giermoment infolge Bremsung bei seitenweise unterschiedlichen Kraftschlußbeiwerten zu verringern, ist eine sogenannte Giermomentaufbauverzögerung (GMA) bekannt geworden, welche an einem Vorderrad, das auf der Fahrbahnseite mit dem größeren Kraftschlußbeiwert läuft (High-Rad), zu einem zeitlich verzögerten Druckaufbau in der Radbremse führt (Fahrsicherheitssysteme, 2. Auflage 1998, Vieweg, S. 53 ff.)

**BESTÄTIGUNGSKOPIE**

- 2 -

Bei Fahrzeugen mit weniger kritischem Fahrverhalten wird der Bremsdruck am High-Rad in Stufen aufgebaut, sobald das Low-Rad infolge einer Blockiertendenz einen ersten Druckabbau erfährt. Wenn der Bremsdruck des High-Rades sein Blockierniveau erreicht, hat, wird er nicht mehr von den Signalen des Low-Rades beeinflusst, sondern individuell geregelt. Erst dann wird an diesem Rad die mögliche Bremskraft ausgenutzt.

Bei Fahrzeugen mit besonders kritischem Fahrverhalten (geringer Radstand, geringes Trägheitsmoment, geringe Hinterachs-Aufstandskräfte) wird nach einem Druckabbau und nachfolgendem Druckaufbau am Low-Rad auch ein Druckaufbau am High-Rad vorgenommen, wobei die Druckaufbaupausenzeiten um einen bestimmten Faktor länger sind, als beim Low-Rad.

Die bekannte Giermomentenaufbauverzögerung (GMA) erfordert eine aufwändige Anpassung an das betreffende Fahrzeug, um einen Kompromiß zwischen Lenkverhalten und Bremsweg zu erreichen. Die GMA ist mit dem Nachteil behaftet, daß das Bremspotential nicht vollständig ausgeschöpft wird. Denn das High-Rad wird pauschal stark unterbremst.

Aus der DE 42 08 141 C2 ist ein Antiblockierregelsystem für Kraftfahrzeuge bekannt, welches Signale einer Giersensorik verarbeitet. Das bekannte ABS-System ermittelt die Gierwinkelbeschleunigung des Fahrzeugs und paßt das Schlupfverhältnis zwischen linken und rechten Rädern so an, daß die Gierwinkelbeschleunigung verringert wird. Das System ist verbesserungswürdig, weil nicht alle Fahrsituationen berücksichtigt werden.

- 3 -

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden. Das Bremspotential der Fahrzeugräder, insbesondere des High-Rades soll besser ausgenutzt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Es wird das Raddrehverhalten gemessen und zur Ermittlung des Radschlupfs und zur Bremsdruckmodulation herangezogen, wobei die Fahrstabilität unter Verwendung wenigstens eines Lenkwinkelsensors zur Messung eines Lenkwunschs und unter Verwendung wenigstens eines Drehratensensors zur Messung des Fahrzeuggiervershaltens bestimmt und anhand einer Kenngröße  $\Theta$  bewertet wird, die zur qualitativen und zur quantitativen Beurteilung einer Abweichung zwischen Istgierrate  $\omega_{ist}$  und Wunschgierrate  $\omega_{LW}$  unter Verwendung der gemessenen Istgierrate  $\omega_{ist}$ , und unter Verwendung einer gemessenen Wunschgierrate  $\omega_{LW}$  und unter Verwendung der zeitlichen Ableitung der Differenz zwischen Istgierrate  $\omega_{ist}$  und Wunschgierrate  $\omega_{LW}$  ermittelt wird.

#### Vorteile der Erfindung

Erfindungsgemäß wird zur Giermomentenbeeinflussung die Druckmodulation insbesondere während einem ABS-Regeleingriff in Abhängigkeit von einer die Fahrstabilität charakterisierenden Kenngröße  $\Theta$  vorgenommen. Eine Berücksichtigung der Kenngröße im Teilbremsbereich - außerhalb von ABS-Regelzyklen - ist möglich.

Die Erfindung ermöglicht eine adaptive Gestaltung der Antiblockier-Druckmodulation mit Giermomentenbeeinflussung in Abhängigkeit von dem Grad der Instabilität. Der zur Verfügung stehende Kraftschlußbeiwert wird besser ausgenutzt weil nach eir

- 4 -

Druckabbau keine pauschal, um einen bestimmten Koeffizienten, vergrößerte Druckaufbaupausenzeiten an dem High-Rad vorgesehen werden. Es erfolgt bei geringen Bremswegen eine effektive Giermomentenbeeinflussung.

Weitere Einzelheiten der Erfindung gehen aus Unteransprüchen im Zusammenhang mit der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung hervor. In der Zeichnung zeigt:

#### Zeichnung

Fig. 1 ein Flußdiagramm einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 Signalverläufe  $\omega_{is}$ ,  $\omega_{LW}$ ,  $\Delta\omega$ ,  $\Delta\dot{\omega}$  und Kenngröße  $\Theta$  in Abhängigkeit von der Zeit  $t$ ,

Fig. 3 Signalverläufe  $\omega_{is}$ ,  $\omega_{LW}$ ,  $\Delta\omega$ ,  $\Delta\dot{\omega}$ , Kenngröße  $\Theta$  sowie Druckverläufe  $p_{VL}$ ,  $p_{VR}$  jeweils in Abhängigkeit von der Zeit  $t$ , und

Fig. 4 eine maximal zulässige Druckdifferenz an Radbremsen der Vorderachse in Abhängigkeit von einer Gierrate  $\omega_{is}$ .

#### Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

Nachfolgend wird der Verfahrensablauf anhand eines Flußdiagramms gemäß Fig. 1 schematisch erläutert. Der Vorgang beginnt, wenn gemäß einem bei 1 genannten Kriterium ( $ABS\_FA=1$ ) an wenigstens einem Rad der Fahrzeugvorderachse ein ABS-Regeleingriff aktiv ist. Wenn dies nicht zutrifft, wird die Prozedur abgebrochen. Gemäß 2 wird die Kenngröße  $\Theta$  - nachfolgend auch Stabilitätsindex genannt - gebildet. In die Kenngröße  $\Theta$  geht sowohl die Gierratenabweichung  $\Delta\omega$  als auch die Beschleunigungsabweichung  $\Delta\dot{\omega}$  (zeitliche Ableitung der Gieratenabweichung) ein.

- 5 -

Ein Vergleich 3 der Vorzeichen von Kenngröße  $\Theta$  und Gierratenabweichung  $\Delta\omega$  lässt erkennen, ob bei ungleichen Vorzeichen eine (ggf. vom Fahrer noch beherrschbare) Untersteuertendenz 4 vorliegt, die durch Druckaufbaumodifikation 13 bekämpfbar ist, oder ob bei übereinstimmenden Vorzeichen eine kritischere Übersteuertendenz 5 des Fahrzeugs vorliegt, welche eine Druckabbau-modifikation 11 erfordert.

In einem nachfolgenden Schritt 6 (Fig. 1) wird anhand der Kenngröße  $\Theta$  (Stabilitätsindex) das Rad der Vorderachse festgelegt, an dem eine Giermomentenbeeinflussung vorgenommen wird. Für  $\Theta < 0$  erfolgt ein Eingriff an dem rechten Vorderrad 7, während für  $\Theta > 0$  ein Eingriff an dem linken Vorderrad 8 eingeleitet wird. Bei 9 wird der Betrag der Kenngröße  $\Theta$  als Schwelle herangezogen, um die Stabilität des aktuellen Fahrzustands zu kennzeichnen. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel liegt für Kenngrößen  $\Theta > 40$  ein instabiler Fahrzustand 10 vor, welcher Druckabbau-modifikationen 11 an dem identifizierten Hochreibwert-Vorderrad erfordert. Das Fahrzeug (d.h.

$|\Theta| > Y_{sens\_pdec\_thrl} = 40$ ). Das Fahrzeug kann für  $\Theta > 40$  nicht durch Druckaufbaumodifikation stabilisiert werden. In dieser Phase wird an einem Vorderrad eine stabilisierende Druckabbau-modifikation 11 vorgenommen.

Bei instabilem Fahrzeug wird die Dauer eines Druckabbaupuls (GMB\_Abbaupuls oder auch PDEC\_PULSE) und die Dauer einer Druckabbaupause (GMB\_Abbaupause oder auch PDEC\_PAUSE) zwischen benachbarten Druckabbaupulsen folgendermaßen berechnet:

- 6 -

$$PDEC\_PULSE = \frac{|\Theta|}{Ysens\_pdec\_pulse\_quotient(8)}$$

$$PDEC\_PAUSE = \frac{Ysens\_pdec\_thr2 - |\Theta|}{Ysens\_pdec\_pause\_quotient(8)}$$

In den obigen Gleichungen ist die Kenngröße  $\Theta$  variabel, während die übrigen Größen feststehen. Die Einsteuerung der ermittelten Dauer forciert den Druckabbau am Hochreibwertrad und reduziert dadurch unerwünschte Giertendenzen. Eine GMB-Abbaupause ( $\text{Min}(\text{GMB\_Abbaupause})$ ) ist mindestens 5 Loop lang. Diese Mindestabbaupause ist notwendig, um die Reaktion des Fahrzeugs auf den gegebenen Puls zu erhalten. Befindet sich das Fahrzeug wieder im stabilen Bereich, so kann eine Druckaufbaumodifikation 13 vorgenommen werden, um die Bremsleistung zu verbessern.

Aus Plausibilitätsgründen wird eine Druckabbaumodifikation nur vorgenommen, wenn ein Vergleich 12 ergibt, daß der auf Basis eines Druckmodells aus radindividuellen Schlupfwerten ermittelte Radbremsdruck an dem für die Giermomentenbeeinflussung vorgesehenen Fahrzeuggrad größer ist, als der ermittelte Radbremsdruck (Modelldruck) an dem gegenüberliegenden Fahrzeuggrad. Wenn diese Plausibilitätsbedingung nicht erfüllt ist, wird in eine Druckaufbaumodifikation 13 gewechselt, die generell bei stabilem Fahrzeug 14 vorgesehen ist. Innerhalb der Druckaufbaumodifikation 13 wird unabhängig voneinander eine Aufbaupause ( $\text{ABS\_Aufbaupause}$ ) auf Grundlage des Druckmodells unter Berücksichtigung des Radschlupfzustands, sowie eine Aufbaupause ( $\text{GMB\_Aufbaupause}$ ) auf Grundlage der Giermomentenbeeinflussung unter Berücksichtigung des Kennwertes  $\Theta$  ermittelt. Die ermittelten Pausenzeiten werden verglichen, und die längere Pausen-



- 7 -

zeit wird eingesteuert. Die minimal eingesteuerte Aufbaupause (GMB\_Aufbaupause\_min) beträgt grundsätzlich etwa 2-3 Loop, das heißt je nach interner Taktzeit zwischen etwa 14-30 ms. Nur zu Beginn der Regelung wird bei großen Gierraten ( $>10^\circ/\text{s}$ ) eine Mindestpause von 7 Loop eingestellt. Diese besondere Mindestpause soll in Kurven von Anfang an höhere Stabilität gewährleisten. Der Algorithmus endet nach der Ermittlung der notwendigen Druckmodifikation, und es erfolgt ggf. eine erneute Berechnungsschleife.

Die Fig. 2 verdeutlicht Fahrzeuginstabilität infolge eines Bremsvorgangs anhand von Signalverläufen. Im oberen Teil ist eine am Lenkrad gemessene Wunschgierrate  $\omega_{LW}$  im Verhältnis zur gemessenen Istgierrate  $\omega_{IW}$  dargestellt. Zum Zeitpunkt  $t_1$  wird das Fahrzeug instabil und zeigt Giertendenz (bricht aus). Wie zu ersehen ist, geschieht dies unabhängig von dem Fahrerwillen ( $\omega_{LW}$ ), weil keine Lenkwinkeländerung eingesteuert wird. Bis zum Zeitpunkt  $t_2$  steigt die Gierrate  $\omega_{IW}$  an, um bis zum Zeitpunkt  $t_3$  infolge eines zum Zeitpunkt  $t_4$  eingeleiteten Gegenlenkens abzufallen. Ab  $t_4$  ändert das Fahrzeug die Gierrichtung. Der mittlere Teil der Fig. 2 verdeutlicht die Abweichung zwischen Istgierrate  $\omega_{IW}$  und Wunschgierrate  $\omega_{LW}$  (mit anderen Worten die Gierratenabweichung  $\Delta\omega$ ) sowie die zeitliche Ableitung dieser Abweichung (Beschleunigungsabweichung  $\Delta\dot{\omega}$ ). Die Kennwertbildung beruht im wesentlichen auf geometrischer Addition. Der untere Teil der Fig. 2 zeigt exemplarisch eine aus den Meßwerten ermittelte Kenngröße (Stabilitätsindex)  $\Theta$ , welche die Gierratenabweichung  $\Delta\omega$  und die Beschleunigungsabweichung  $\Delta\dot{\omega}$  anhand der fahrzeugspezifisch einstellbaren Koeffizienten P und D gewichtet. Dadurch wird ein PD-Regler gebildet, und die Kenngröße

- 8 -

$\Theta$  kann zur Stabilisierung herangezogen werden. Nur in dem Zeitraum zwischen  $t_5$  und  $t_6$  gilt das Fahrzeug als instabil, weil die Kenngröße  $\Theta$  den Wert 40 überschreitet.

Grundsätzlich unterscheidet man abhängig vom ABS- Regelungszustand des Fahrzeuges innerhalb der Giermomentenbeeinflussung (GMB) verschiedene Szenarien mit Druckaufbauphasen und Druckabbauphasen unterschieden.

Bei einseitiger ABS- Regelung werden asymmetrische Reibwertunterschiede angenommen, durch die unterschiedliche Bremskräfte abgesetzt werden können. Die unterschiedlichen Kräfte induzieren ein Giermoment um die Hochachse. Auf die Instabilität wird mit hoher Sensibilität reagiert, um dem Fahrer die Möglichkeit zu geben, durch leichte Lenkmanöver zu reagieren. Zunächst gelangt das Low-Rad in die ABS-Regelung. Das Fahrzeug durchläuft zunächst eine erste stabilisierende Phase. Innerhalb dieser Phase wird durch das Einstellen einer bestimmten Druckdifferenz an der Vorderachse, abhängig vom „Ist“- Gierratenniveau, und wenn die Ausbildung einer ersten, kritischen Gierratenumplitude verhindert. In der Fig. 4 ist die maximal zulässige Druckdifferenz in Abhängigkeit von der Ist-Gierrate

( $Y_{sens\_fpd\_press\_diff}$ ) unter der Bedingung dargestellt, daß  $\dot{\omega}$  einen Absolutwert von  $6^\circ/s^2$  überschreitet. Mit steigender Gierrate  $\omega$  bis zu etwa  $10^\circ/s$ , erfolgt eine lineare Verringerung der maximal zulässigen Druckdifferenz an der Vorderachse. Ab etwa  $10^\circ/s$  bleibt die zulässige Druckdifferenz konstant mit etwa 15 bar, wobei dieser Wert in Abhängigkeit von dem Fahrzeug, der gewünschten Abstimmung und auch Toleranzen überschritten oder unterschritten werden kann.

- 9 -

Die beschriebene Gierratenabhängigkeit berücksichtigt die stärkere Instabilitätsneigung von Fahrzeugen, die schon vor Regelungsbeginn eine Gierrate  $\omega$  (beispielsweise infolge Spurwechsel oder Kurvenfahrt) aufweisen. Eine Schwingung des Fahrzeuges um die Hochachse wird durch Druckmodulation am Vorderrad der Hochreibwertseite gedämpft und die Gierratenabweichung  $\Delta\omega$  angemessen erhöht. Dadurch erhält der Fahrer Gelegenheit, gegenulenken. Am Hochreibwertrad kann die Bremskraft so lange erhöht werden, bis auch dieses Rad sein Blockierdruckniveau erreicht und in die ABS-Regelung eintritt.

Die Fig. 3 verdeutlicht anhand eines anfangs einseitigen ABS-Regeleingriffs infolge Niedrigreibwert am linken Vorderrad die erfindungsgemäße Giermomentenbeeinflussung anhand der Verläufe von Wunschgierrate  $\omega_{LW}$ , Istgierrate  $\omega_{ist}$ , Kenngröße  $\Theta$  sowie der zugehörigen Druckverläufe an dem High-Rad  $p_{VR}$  und dem Low-Rad  $p_W$ . Weil das Vorzeichen der Kenngröße  $\Theta$  im Punkt a negativ ist, wird die GMB an dem rechten Vorderrad (High-Rad) mit einem Druckabbau aktiv. Wie die Druckverläufe erkennen lassen, werden an dem Low-Rad radschlupfbedingte Druckabbauzyklen b eingesteuert. Zum Abbau der entstehenden Druckdifferenz werden an dem High-Rad Druckabbauzyklen c vorgenommen. Dieser Druckabbau berücksichtigt die Istgierrate  $\omega_{ist}$ , wie dies aus Fig. 4 hervorgeht. Die nachfolgenden Druckaufbau- und Druckabbauzyklen gehen auf ein Zusammenwirken von Kennwert und Schlupfschwellen zurück. Zum Zeitpunkt  $t_0$  befinden sich beide Räder der Vorderachse in der ABS-Regelung.

Ein absinkender Kennwert  $\Theta$  zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  verdeutlicht eine gewissermaßen schleichende Instabilitätstendenz des Fahrzeugs. Auf diesen Zustand wird erfindungsgemäß innerhalb der GMB mit Variation (Verlängerung) der Druckaufbau-

- 10 -

pausen d, e und f am High-Rad reagiert. Wenn der Kennwert  $\Theta$  zum Zeitpunkt  $t_2$  sein Minimum erreicht, liegt ersichtlich eine besonders lange Druckaufbaupause f vor. Nach einem weiteren Druckaufbau g schließt sich dann ein im wesentlichen rad-schlupfbedingter Druckabbau h an. Im übrigen lassen die Druckverläufe  $p_{VR}$  und  $p_{VL}$  die im Verlauf der ABS-Regelzyklen wachsende Druckdifferenz zwischen den beiden Radbremsen der Vorderachse erkennen, die eine verbesserte Bremswirkung erlaubt.

Die vorliegende Erfindung erlaubt die Erkennung von stabilen und instabilen Phasen wesentlich sicherer, da der Gierratensensor und der Lenkwinkelsensor Signale liefern, anhand derer ein präziser Soll-Ist-Abgleich möglich ist.

Es sind kürzere Bremswege auf  $\mu$ -split Fahrbahnen realisierbar, da die stabile Phasen innerhalb des ABS besser ausgenutzt werden. Ein weiterer Vorteil ist der Stabilitätsgewinn bei Kurvenbremsungen, da durch Druckmodulation an den kurveninneren Rädern das Fahrzeug die Spurtreue beibehält. Übersteuerungstendenzen wird dadurch vermieden.

Sehr instabilen Situationen innerhalb einer ABS-Regelung wird vorgebeugt und ein Ausbrechen des Fahrzeuges verhindert, so dass ESP-Eingriffe innerhalb der ABS-Regelung weitgehend vermieden werden.

Die Kenngröße (Stabilitätsindex)  $\Theta$  ist ein zentraler Punkt der Erfindung. Durch den aus der Gierratenabweichung  $\Delta\omega$  und der Beschleunigungsabweichung  $\Delta\dot{\omega}$  gebildeten Stabilitätsindex ist es innerhalb der ABS-Regelung möglich, Instabilitätstendenzen

- 11 -

des Fahrzeuges frühzeitig zu erkennen und in Verbindung mit der beschriebenen GMB entsprechend zu reagieren. Es liegt eine geschlossene Regelung vor, im Gegensatz zu einer überlagerten ESP- Regelung, welche die ABS-Regelung jeweils kurzzeitig unterbricht.

Die Auswertungen haben gezeigt, dass der Kennwert  $\Theta$  Fahrzeugzustände (Übersteuern, Untersteuern) plausibel abbildet. Dieses Ergebnis eröffnet die Möglichkeit, die Erfindung in der beschriebenen oder in abgewandelter Form für weitere Bereiche und Einsatzbedingungen von elektronischen Fahrzeugregelsystemen (z. B. ABS, ESP, ESBS, EMB), insbesondere für den Teilbremsbereich, zu verwenden. Es versteht sich, daß bei einer Adaption für den Teilbremsbereich der Schritt 1 in Fig. 1 (ABS\_FA=1) nicht abgefragt wird.

Es bleibt schließlich darauf hinzuweisen, daß alle genannten Zahlenwerte exemplarisch zu verstehen sind, und daß jeweils ein oberer und ein unterer Toleranzbereich zur Anpassung an den jeweiligen Fahrzeugtyp besteht, ohne den Kern der Erfindung zu verlassen.

- 12 -

## Bezugszeichenliste

$\omega_{ist}$	(Ist)Gierrate
$\omega_{LW}$	Wunschgierrate
$\Delta\omega$	Gierratenabweichung
$\Delta\dot{\omega}$	(Gierraten)Beschleunigungsabweichung
$\Theta$	Kennwert (Stabilitätsindex)
$p_{VL}, p_{VR}$	Radbremsdruck vorne rechts, vorne links
$t$	Zeit
$P, D$	Koeffizienten
$a$	Punkt
$b$	Druckabbauzyklen
$c, h$	Druckabbauzyklen
$d, e, f, g$	Druckaufbaupausen
1	Schritt
2	Schritt
3	Vergleich
4	Untersteuertendenz
5	Übersteuertendenz
6	Schritt
7	rechtes Vorderrad
8	linkes Vorderrad
9	Schritt
10	instabiler Fahrzustand
11	Druckabbaumodifikation
12	Vergleich
13	Druckaufbaumodifikation
14	stabiles Fahrzeug

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Verbesserung eines Blockierschutzregelungssystems, insbesondere zur Verbesserung der Fahrstabilität beim Einbremsen auf seitenweise unterschiedlichen Kraftschlußbeiwerten (Giermomentenbeeinflussung, GMB), bei dem das Raddrehverhalten gemessen und zur Ermittlung des Radschlupfs und zur Bremsdruckmodulation herangezogen wird, wobei die Fahrstabilität unter Verwendung wenigstens eines Lenkwinkelsignals eines Lenkwinkelsensors zur Ermittlung einer Wunschgierrate ( $\omega_{LW}$ ) und unter Verwendung wenigstens eines Drehratensensors zur Messung einer Istgierrate ( $\omega_{Ist}$ ) bestimmt und anhand einer Kenngröße ( $\Theta$ ) bewertet wird, die zur qualitativen und zur quantitativen Beurteilung einer Abweichung zwischen Istgierrate ( $\omega_{Ist}$ ) und Wunschgierrate ( $\omega_{LW}$ ) unter Verwendung der gemessenen Istgierrate ( $\omega_{Ist}$ ), und unter Verwendung einer gemessenen Wunschgierrate ( $\omega_{LW}$ ) und unter Verwendung der zeitlichen Ableitung der Abweichung ( $\Delta\dot{\omega}$ ) zwischen Istgierrate ( $\omega_{Ist}$ ) und Wunschgierrate ( $\omega_{LW}$ ) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kenngröße ( $\Theta$ ) nach der Formel  $\Theta = P \cdot \Delta\omega + D \cdot \Delta\dot{\omega}$  mit  $\Delta\omega = \omega_{Ist} - \omega_{LW}$  (Gierratenabweichung) und  $\Delta\dot{\omega} = \Delta\omega \frac{\delta}{\delta t}$  (Beschleunigungsabweichung) sowie mit P, D als fahrzeugspezifische Koeffizienten ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Fahrverhalten anhand des Betrags der Kenngröße ( $\Theta$ )

- 14 -

in einen stabilen oder in einen instabilen Bereich unterschieden wird, und angibt, wie stark das Fahrzeug übersteuert oder untersteuert, wobei bei stabilem Fahrzeug zur Druckaufbaumodifikation (13) am High-Rad eine Modifikation der Pausenzeit (GMB\_Aufbaupause) zwischen jeweils benachbarten Druckaufbaupulsen vorgenommen wird, und daß bei instabilem Fahrzeug eine Druckabbaumodifikation (11) unter Modifikation der Druckabbaupulslänge (GMB\_Abbaupuls) oder eine Modifikation einer Pausenzeit (GMB\_Abbaupause) zwischen jeweils benachbarten Druckabbaupulsen vorgenommen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei stabilem Fahrzeug an dem High-Rad eine Druckaufbaumodifikation (13) mit einer Pausenzeit (GMB\_Aufbaupause) auf Grundlage der Kenngröße ( $\Theta$ ) zur Charakterisierung der Fahrstabilität ( $\Theta$ ) und eine Pausenzeit (ABS\_Aufbaupause) auf Grundlage des Radschlupfs ermittelt wird, daß die ermittelten Pausenzeiten miteinander verglichen werden, und daß die längere der ermittelten Pausenzeiten ( $\text{Max}(\text{ABS\_Aufbaupause}, \text{GMB\_Aufbaupause})$ ) für die Druckmodulation am High-Rad herangezogen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei instabilem Fahrzeug an dem High-Rad eine Druckabbaumodifikation (11) mit einer Pausenzeit zwischen benachbarten Druckabbaupulsen (GMB\_Abbaupause) und/oder eine Druckabbaupulslänge (GMB\_Abbaupuls) auf Grundlage der Kenngröße ( $\Theta$ ) ermittelt und für die Druckmodulation herangezogen wird.



- 15 -

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Pausenzeit (GMB\_Abbaupause) nach der Formel  $GMB\_Abbaupause = GMB\_Abbau\_thr2 - |\Theta| / GMB\_Abbaupause\_quotient$  ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Druckabbaupulslänge (GMB\_Abbaupuls) nach der Formel  $GMB\_Abbaupuls = |\Theta| / GMB\_Abbaupuls\_quotient$  ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3, 5, 6, 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei instabilem Fahrzeug an dem High-Rad eine Modifikation des Druckabbaus nicht vorgenommen wird, und daß eine Modifikation des Druckaufbaus erfolgt, wenn der nach einem Druckmodell ermittelte Radbremsdruck (Pmod\_Wh\_YTC) an dem High-Rad geringer ist, als der nach dem Druckmodell ermittelte Radbremsdruck (Pmod\_Wh\_No\_YTC) an dem Low-Rad.
9. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß für Kenngrößen  $(\Theta) \leq 40$  an dem High-Rad eine Druckaufbaumodulation (13) für einen stabilen Fahrzustand erfolgt, und daß für Kenngrößen  $(\Theta)$  etwa  $\geq 40$  eine Druckabbaumodulation (11) für einen instabilen Fahrzustand vorgenommen wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Richtung der Instabilität (Übersteuertendenz/Untersteuertendenz) durch Vergleich der Vorzeichen von Kenngröße  $(\Theta)$  und Gierratenabweichung  $(\Delta\omega)$  ermittelt wird, und daß übereinstimmende Vorzeichen eine

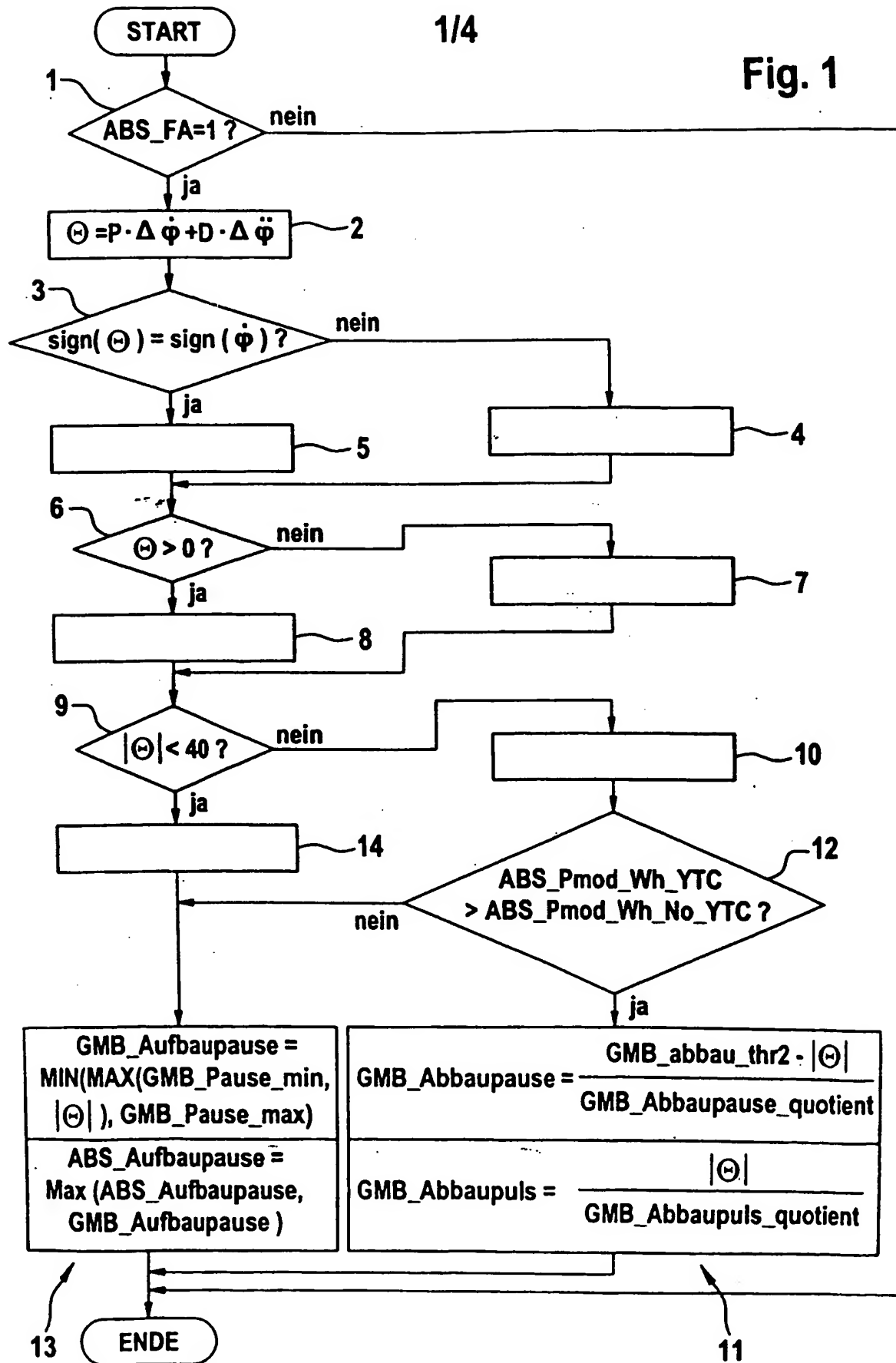
- 16 -

Übersteuertendenz signalisieren, und daß unterschiedliche Vorzeichen eine Untersteuertendenz signalisieren.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß das für die Giermomentenbeeinflussung vorgesehene Fahrzeugrad durch das Vorzeichen der Kenngröße (⊙) ermittelt wird, und daß ein positives Vorzeichen eine Giermomentenbeeinflussung am linken Vorderrad (VL) bewirkt, und daß ein negatives Vorzeichen eine Giermomentenbeeinflussung-am rechten Vorderrad (VR) bewirkt.

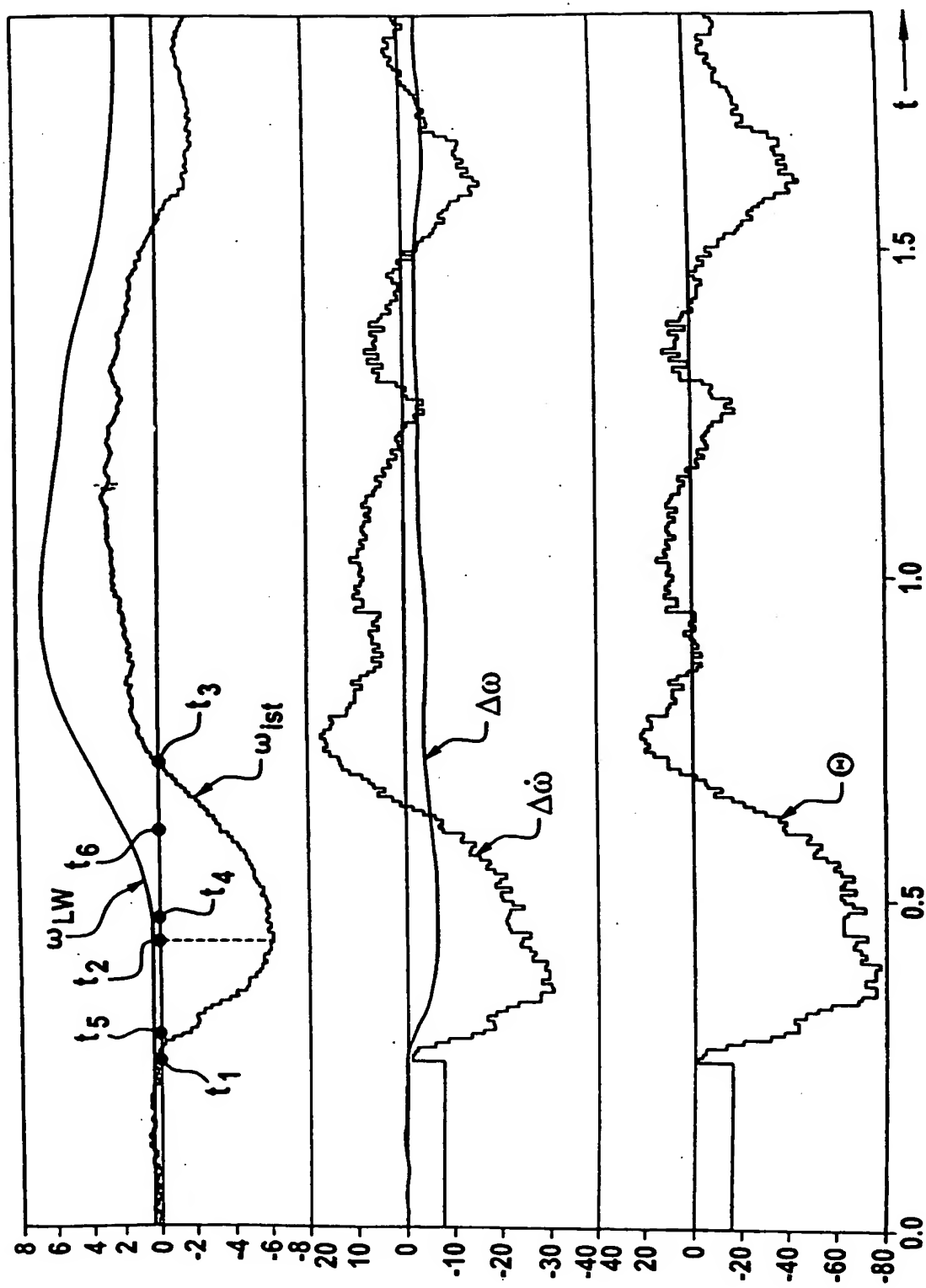
1/4

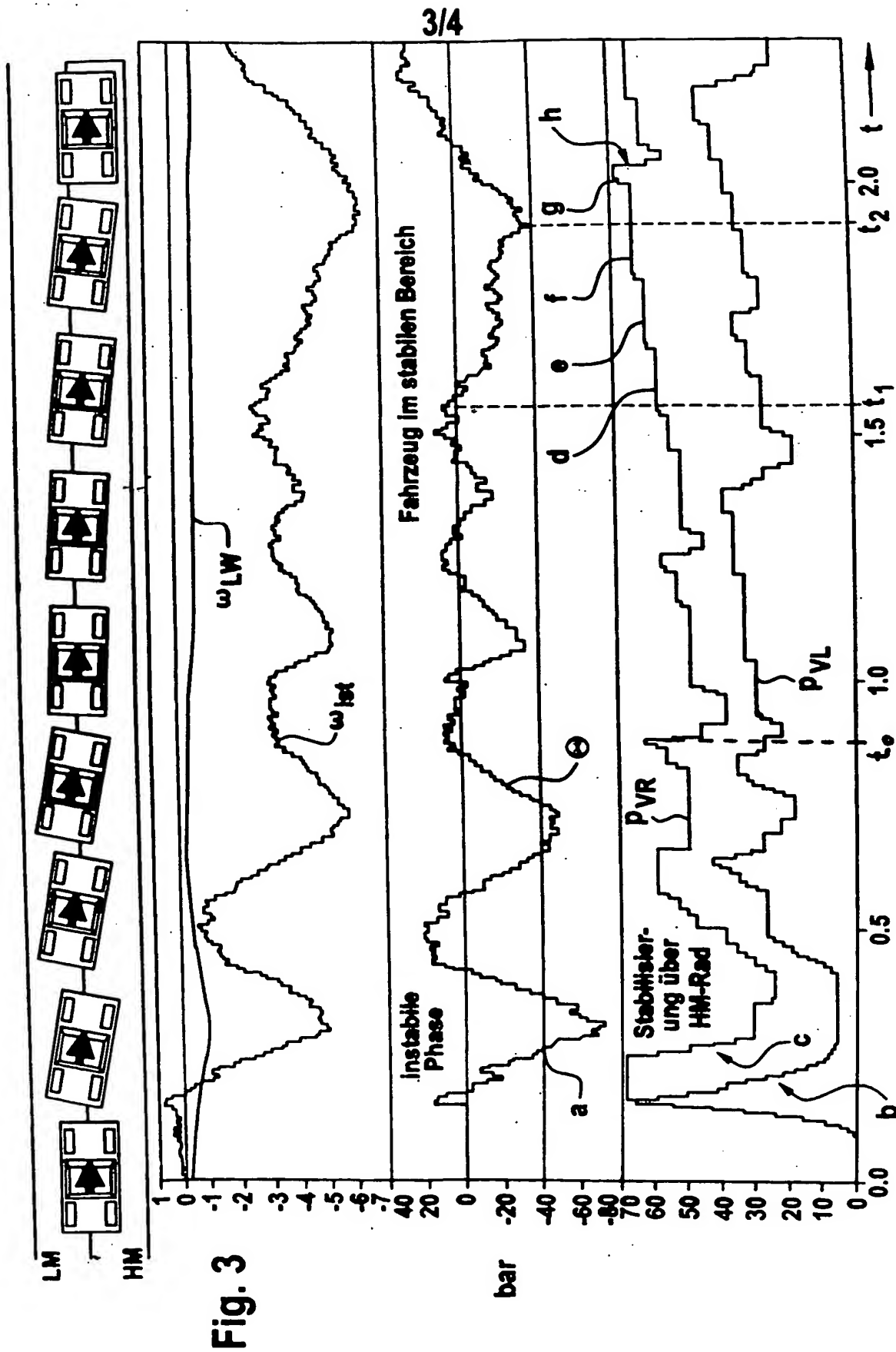
Fig. 1



2/4

Fig. 2





4/4

Fig. 4

